

## PERANCANGAN *SUBSURFACE FOAM INJECTION* PADA *KEROSENE STORAGE TANK 920-T-002B* PERUSAHAAN INDUSTRI PETROKIMIA TUBAN

Rizqi Darmawan<sup>1)</sup>, Mochamad Luqman Ashari<sup>2)</sup>, Aulia Nadia Rachmat<sup>3)</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111

<sup>2,3</sup> Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111

Email: darmawanrizqi23@gmail.com

### Abstract

*The Tuban petrochemical industry company stores kerosene oil production in tanks with roof cone type with a maximum volume of 40,000 m<sup>3</sup> and a sale value of 67.5 M. Fire chamber installation in the form of foam chamber is not appropriate because in case of fire and explosion, the roof of the tank is damaged regardless of the tank and damage foam chamber components. The problems discussed in this study include, among others, the design of Subsurface Foam Injection installation to protect kerosene storage tanks 920-T-002B. Then calculate the amount of water requirements, the amount of foam needed and the required pump capacity. After doing. The final stage of the discussion is to analyze the comparison of benefits that will be received by the company and the costs incurred from the implementation of the design results. Kerosene storage tank 920-T-002B has a diameter of 63.8 m with a surface area of 3,195.3 m<sup>2</sup>. Discharge time is 30 minutes with an application rate of 0.10 gpm / ft<sup>2</sup> (4.1 Lpm / m<sup>2</sup>). Kerosene storage tank 920-T-002B has 4 outlet discharges with the placement of 0.3 m (1 ft) above the tank surface. Diameter of 10-inch outlet pipe, 18-inch inlet pipe and hose connection pipe is 12 inches. The amount of foam needs is 12,301,691 liters and water is 397,754,563 liters and the pump power is 112 hp.*

**Keywords:** application rate, discharge time, foam, kerosene, pipe

### Abstrak

Perusahaan industri petrokimia Tuban menyimpan hasil produksi minyak *kerosene* dalam tangki berjenis *cone roof* dengan volume maksimal 40.000 m<sup>3</sup> dan nilai jualnya sebesar 67,5 M. Instalasi pemadam kebakaran berupa *foam chamber* kurang tepat karena jika terjadi kebakaran dan ledakan, atap tangki mengalami kerusakan terlepas dari tangkinya dan merusak komponen-komponen *foam chamber*. Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini antara lain mengenai perancangan instalasi *Subsurface Foam Injection* untuk memproteksi *kerosene storage tank 920-T-002B*. Kemudian melakukan perhitungan jumlah kebutuhan air, jumlah kebutuhan *foam* dan kapasitas pompa yang dibutuhkan. Setelah melakukan. *Kerosene storage tank 920-T-002B* memiliki diameter sebesar 63,8 m dengan luas permukaan 3.195,3 m<sup>2</sup>. *Discharge time* sebesar 30 menit dengan *application rate* 0,10 gpm/ft<sup>2</sup> (4,1 Lpm/m<sup>2</sup>). *Kerosene storage tank 920-T-002B* memiliki 4 *outlet discharge* dengan peletakannya 0,3 m (1 ft) diatas permukaan tangki. Diameter pipa outlet 10 inci, pipa inlet 18 inci dan pipa *hose connection* sebesar 12 inci. Jumlah kebutuhan *foam* sebesar 12.301,691 liter dan air sebesar 397.754,563 liter dan daya pompa 112 Hp .

Kata Kunci: application rate, discharge time, foam, kerosene, pipa

## PENDAHULUAN

Perusahaan industri petrokimia Tuban menyimpan hasil produksi minyak *kerosene* dalam tangki berjenis *cone roof* dengan volume maksimal 40.000 m<sup>3</sup> dan nilai jualnya sebesar 67,5 M. Instalasi pemadam kebakaran berupa *foam chamber* kurang tepat karena jika terjadi kebakaran dan ledakan, atap tangki mengalami kerusakan terlepas dari tangkinya dan merusak komponen-komponen *foam chamber*. Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini antara lain mengenai perancangan instalasi *Subsurface Foam Injection* untuk memproteksi *kerosene storage tank* 920-T-002B. Kemudian melakukan perhitungan kebutuhan air, jumlah kebutuhan *foam* dan kapasitas pompa yang dibutuhkan. Dengan tujuan untuk menentukan perancangan instalasi *subsurface foam injection* yang tepat untuk memproteksi *kerosene storage tank* 920-T-002B Perusahaan industri petrokimia terletak di Tuban, menentukan jumlah kebutuhan air, jumlah kebutuhan *foam* dan kapasitas pompa yang dibutuhkan untuk instalasi *subsurface foam injection*.

## METODE PENELITIAN

Data-data yang dibutuhkan terkait dengan instalasi *subsurface foam injection* telah dikumpulkan, selanjutnya dilakukan perancangan instalasi *subsurface foam injection* pada area *kerosene storage tank* 920-T-002B perusahaan industri petrokimia yang terletak di Tuban sesuai dengan standard yang berlaku. Tahap perancangan meliputi penentuan jenis *foam* yang akan digunakan, menentukan jumlah dan titik peletakan *subsurface foam injection*, perancangan line pipa beserta perhitungan sistem perpipaan, menentukan jumlah *foam* yang dibutuhkan dan menghitung kapasitas pompa, dan menentukan harga pemasangan instalasi *subsurface foam injection*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Penentuan Klasifikasi Bahan Bakar

Dalam penelitian ini, bahan bakar yang di simpan di dalam *storage tank* adalah *kerosene*. Bahan bakar *kerosene* memiliki titik didih diantara 150° C sampai dengan 300° C, dan memiliki suhu *flashpoint* 38° C atau 100,4° F. tergolong dalam cairan *combustible* kelas II.

### 2. Penentuan Sistem dan Media Pemadaman

Dalam perancangan ini, media pemadam yang dipilih adalah jenis busa AFFF (*Aqueous Film-Forming Foam Concentrate*) dengan perbandingan 3% *foam* : 97% air. MSDS AFFF 3%.

### 3. Perhitungan Surface Area

Pada penelitian ini perhitungan hanya pada 1 tangki 920-T-002B, maka untuk menghitung luas *surface area* dapat dihitung dengan menggunakan rumus luas lingkaran.

$$\begin{aligned}\text{Luas surface area} &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \cdot 31,9^2 \\ &= 3.195,3 \text{ m}^2\end{aligned}$$

### 4. Perhitungan Jumlah Foam dan Air yang Dibutuhkan

Rumus untuk menghitung *foam solution discharge rate* sebagai berikut :

$$\text{Foam solution discharge rate} = \text{luas surface area} \times \text{application rate}$$

Setelah diketahui *foam solution discharge rate* = 13.100,73 Lpm, dengan *discharge time* 30 menit, dan busa yang digunakan adalah AFFF 3% (*concentrate* 0,03). Kemudian menghitung jumlah *foam concentrate* primer dengan menggunakan rumus :

$$\text{Quantity} = \text{foam solution discharge rate} \times \text{discharge time} \times \text{concentrate}$$

Diketahui *foam solution discharge rate* = 13100,73 Lpm, dengan *discharge time* 30 menit, presentasi *foam* yang digunakan 3% dan 97% air dapat diketahui jumlah kebutuhan air sebagai berikut :

$$\text{Jumlah air} = \text{foam solution discharge rate} \times \text{discharge time} \times 97\%$$

Tabel 1  
Hasil Perhitungan Jumlah Kebutuhan *Foam* dan Air

Jenis	<i>Discharge Time</i>	<i>Application Rate</i>	<i>Quantity Foam</i>	<i>Quantity Air</i>
Primer	30 menit	4,1 Lpm/m <sup>2</sup>	11.790,66 L	381.231,243 L
<i>Supplementary</i>			511,031 L	16.523,32 L
Total			12.301,691 L	297.754,563 L

Sumber: Data Penulis, Tahun 2018

### 5. Penentuan Jumlah Discharge Outlet

Tangki dengan diameter lebih dari 60 m mendapatkan satu tambahan pada setiap luasan 597 m<sup>2</sup>.  
Penambahan *outlet discharge* = luas *surface area* – luas *surface area* diameter 60 m

$$= 3.195,3 \text{ m}^2 - 2826 \text{ m}^2$$

$$= 369,3 \text{ m}^2$$

$$= 1 \text{ outlet discharge}$$

$$\text{Total discharge outlet} = \text{outlet tangki diameter 60 m} + \text{penambahan outlet}$$

$$= 3 \text{ outlet} + 1 \text{ outlet}$$

$$= 4 \text{ outlet discharge}$$

## 6. Penentuan Ukuran Pipa

Berdasarkan NFPA 11 “Standard for Low, Medium, and High Expansion Foam” adalah batas *foam velocity* pada keluaran tangki maksimum 10 ft/s (3 m/s) untuk cairan kelas 1B atau 20 ft/s (6.1 m/s) untuk cairan lainnya. Ukuran outlet dapat ditemukan dengan mengalikan laju aliran (*flow rate*) yang diperlukan untuk tangki dengan 4 (*maximum expansion*) untuk mendapatkan *expanded foam rate*, dan kemudian membandingkannya untuk ukuran pipa yang sesuai.

$$\text{Expanded foam rate} = \text{foam solution discharge rate} \times \text{expansion ratio}$$

$$= 13.100,73 \text{ Lpm} \times 4$$

$$= 54.402,92 \text{ Lpm}$$

Pada perhitungan sebelumnya didapatkan outlet sebanyak 4 buah, maka untuk mengetahui *expanded foam rate* pada tiap outlet adalah sebagai berikut :

$$\text{Expanded foam rate tiap outlet} = \text{expanded foam rate} : \text{jumlah outlet}$$

$$= 54.402,92 \text{ Lpm} : 4$$

$$= 13.100,73 \text{ Lpm}$$

$$= 3.460,85 \text{ Gpm}$$

Setelah diketahui *expanded foam rate* sebesar 3.460,85 Gpm dan *foam velocity* sebesar 6,1 m/s (20 ft/sec), kemudian berdasarkan NFPA 11 “Standard for low, medium, and high expansion foam” menghitung ukuran pipa dengan menggunakan rumus :

$$V = \frac{\text{Expanded foam (gpm)}}{d^2} \times 0,4085$$

Keterangan :  $V$  = Foam velocity (ft/sec)  
 $d$  = diameter dalam pipa (ID)

Maka ukuran pipa outlet adalah :

$$V = \frac{\text{Expanded foam (gpm)}}{d^2} \times 0,4085$$

$$20 \text{ ft/sec} = \frac{3460,85 \text{ gpm}}{d^2} \times 0,4085$$

$$d^2 = \frac{3460,85 \text{ gpm} \times 0,4085}{20 \text{ ft/sec}}$$

$$d^2 = 70,69$$

$$d = 8,40 \text{ inch}$$

Untuk mengetahui apakah pipa outlet 8 inch dapat digunakan untuk aplikasi *subsurface foam injection* atau tidak, dapat diketahui dengan melakukan evaluasi terhadap ketentuan NFPA 11 sebagai berikut :

Maka, evaluasi pipa outlet :

$$V = \frac{\text{Expanded foam (gpm)}}{d^2} \times 0,4085$$

$$= \frac{3460,85 \text{ gpm}}{8^2} \times 0,4085$$

$$= 22,09 \text{ ft/sec}$$

*Velocity* yang didapatkan dengan menggunakan diameter pipa inlet 8 inch adalah sebesar 22,09 ft/sec. Bertambah besarnya diameter pipa maka akan berpengaruh pada *velocity* nya. Berikut adalah perhitungan *velocity* dengan pipa berdiameter 10 inch :

Maka, *velocity* dengan pipa inlet 10 inch adalah :

$$V = \frac{\text{Expanded foam (gpm)}}{d^2} \times 0,4085$$

$$= \frac{3460,85 \text{ gpm}}{10^2} \times 0,4085$$

$$= 14,14 \text{ ft/sec}$$

Velocity yang didapatkan dengan menggunakan diameter pipa outlet 10 inch adalah sebesar 14,14 ft/sec (4,31 m/s) dan tidak melebihi V<sub>max</sub> dari ketentuan NFPA 11.

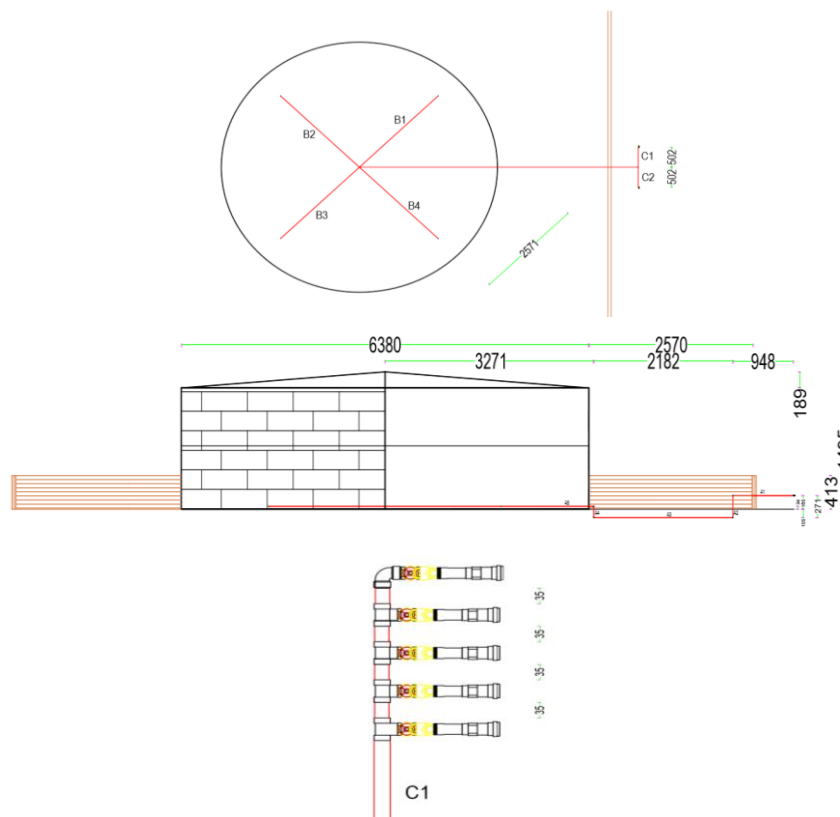
Tabel 2  
Perhitungan Ukuran Pipa Inlet, Outlet dan *Hose Connection*

Jumlah jalur	Jenis Pipa		
	Outlet	Inlet	Hose Connection
	4	1	2
V <sub>max</sub>	20 ft/s (6,1 m/s)	20 ft/s (6,1 m/s)	20 ft/s (6,1 m/s)
Expanded foam rate tiap outlet	13.100,73 Lpm (3.460,85 Gpm)	54.402,92 Lpm (14371,8 Gpm)	27.201,46 Lpm (6921,7 Gpm)
Diameter menurut perhitungan NFPA 11	8,40 inch	17 inch	11,8 inch
Pipa yang tersedia	10 inch	18 inch	12 inch
V akhir	14,14 ft/sec (4,31 m/s)	18,12 ft/sec (5,52 m/s)	19,6 ft/sec (5,9 m/s)

Sumber: Data Penulis, Tahun 2018

#### 7. Head Loss Pipa Instalasi *Subsurface Foam Injection*

Terdapat tiga jalur (*line*) pipa yaitu jalur *hose connection* (C1-C2), jalur pipa inlet (A1-A5), dan jalur pipa outlet (B1-B4). Setiap jalur pipa memiliki ukuran yang berbeda-beda. Pipa inlet (A1-A5) merupakan pipa dengan ukuran 10 inch. Pipa outlet (B1-B4) merupakan pipa dengan ukuran 18 inch. Sedangkan pipa *hose connection* (C1-C2) memiliki ukuran sebesar 12 inch.



Gambar 1. Tampak Atas, Tampak Samping dan *Hose Connection*

Sumber : Hasil Perancangan, Tahun 2018

Head loss total pipa discharge adalah (Hl pipa hose connection + Hl pipa inlet + Hl pipa outlet) + (Hlm pipa hose connection + Hlm pipa inlet + Hlm pipa outlet) = (0,057m + 4,7 m + 0,80 m) + (15,36 m + 19,33 m + 0,39 m) = 30,6 m

## 8. Daya Pompa

Besarnya tekanan pada sisi suction adalah (P1),  $\rho_{\text{foam}} = 1.030 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned} P_1 &= \rho \times g \times h \\ &= 1.030 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ m} \\ &= 10.094 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Besarnya tekanan (P2) pada fire truck adalah 16 bar.

$$16 \text{ bar} \times \frac{100000 \text{ kg/ms}^2}{1 \text{ bar}} = 1.600.000 \text{ kg/ms}^2$$

Persamaan energi untuk mengetahui daya pompa adalah :

$$\begin{aligned} \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + g \cdot z_1 + \frac{W_s}{m} &= \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + g \cdot z_2 + H_{LT} \\ \frac{W_s}{m} &= \left[ \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + g \cdot z_2 + H_{LT} \right] - \left[ \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + g \cdot z_1 \right] \\ &= \left[ \frac{1600000 \text{ kg/m}^2}{1030 \text{ kg/m}^3} + \frac{(4,3 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2} + 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1,65 \text{ m} + 30,6 \text{ m} \right] - \left[ \frac{10094 \text{ kg/ms}^2}{1030 \text{ kg/m}^3} + \frac{(4,3 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2} + 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1,5 \text{ m} \right] \\ \frac{W_s}{m} &= 1579,07 \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ \frac{W_s}{m} &= 1579,07 \text{ m}^2/\text{s}^2 \times m \\ &= 1579,07 \text{ m}^2/\text{s}^2 \times (\rho \times V \times A) \\ &= 1579,07 \text{ m}^2/\text{s}^2 \times (1030 \text{ kg/m}^3 \times 4,3 \text{ m/s} \times 0,017 \text{ m}) \\ &= 1579,07 \text{ m}^2/\text{s}^2 \times 75,29 \text{ kg/ms} \\ &= 118.888,18 \text{ kg.m/s}^3 \\ &= 118.888,18 \text{ Watt} \\ &= 118,88818 \text{ kW} \times 1,341 \\ &= 159,42 \text{ hp} = 160 \text{ hp} \end{aligned}$$

Efisiensi pompa adalah 70% jadi daya pompa adalah

$$\begin{aligned} \eta &= W_p / W_s \\ W_p &= \eta \times W_s \\ &= 70/100 \times 160 \text{ hp} \\ &= 112 = 112 \text{ hp} \end{aligned}$$

Jadi, daya pompa yang dibutuhkan untuk instalasi subsurface foam injection adalah sebesar 112 hp.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah:

Perancangan instalasi subsurface foam injection yang tepat pada tangki bahan bakar kerosene yang memiliki titik flashpoint sebesar 38° C. Digolongkan dalam cairan combustible kelas II dengan media pemadaman yang tepat adalah foam AFFF dengan konsentrasi 3%. Kerosene storage tank 920-T-002B pada perusahaan industri petrokimia Tuban memiliki diameter sebesar 63,8 m dengan luas permukaan 3195,3 m<sup>2</sup>. Berdasarkan ketentuan NFPA 11 “standard for low, medium, and high expansion foam”, Discharge time yang dibutuhkan sebesar 30 menit dengan application rate sebesar 0,10 gpm/ft<sup>2</sup> (4,1 Lpm/m<sup>2</sup>). Kerosene storage tank 920-T-002B memiliki 4 outlet discharge dengan peletakannya 0,3 m (1 ft) dari dasar tangki dengan pipa berukuran 10 inch, untuk pipa inlet berukuran 18 inch, dan pipa hose connection berukuran 12 inch. Dalam menentukan kebutuhan kebutuhan air, dan foam berdasarkan perhitungan luas surface area dan application rate serta foam AFFF 3%, kebutuhan foam untuk tangki kerosene 920-T-002B berjumlah 12.301,691 liter, dengan pembagian foam primer sebesar 11.790,66 liter dan foam supplementary 511,031 liter. Untuk jumlah kebutuhan air adalah sebesar 397.754,563 liter, dengan pembagian air primer 381.231,243 liter dan air supplementary sebesar 16.523,32 liter. Daya pompa yang dibutuhkan untuk instalasi sebesar 112 Hp.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adams, C. (2002). *Fire Investigation*. New York: American Society.
- Della-giustina, D. E. (2014). *Fire Safety Management Handbook, third edition*. London: CRC Press.
- Department Standards Research. (2014). *Engineering Standard for Foam Generating and Proportioning Systems*. Tehran.
- Depnakertrans. (1980). *Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan*. PERMENAKERTRANS NO.Per.04/MEN/1980.
- Fox, R. W. (2008). *Introduction to Fluid Mechanics*. Hoboken: John Willey & Sond, Inc.
- Goetsch, D. (2005). *Occupational Health and Safety for Technologist, Engineers and Managers*. New York: Prentice Hall.
- Lin, C.-I., & wang, H.-F. (2011). *Research on Safety and Security Distance of Flammable Liquid*.
- Mustika, N. S. (2013). *Perancangan Instalasi Foam Chamber dan Fixed Monitor pada Area Crude Oil Storage Tank Stasiun Pengumpul M-05 PT. Medco E&P Tarakan Indonesia*. Surabaya: PPNS.
- Nedved, M. (1991). *Dasar-dasar Keselamatan Kerja bidang Kimia dan Pengendalian bahaya besar*. Jakarta: ILO.
- NFPA 11. (2005). *Standard for Low, Medium, and High-Expansion Foam*.
- NFPA 30. (2003). *Flammable and Combustible Liquids Code*.
- Pardede, P., & Modjo, R. (2014). *Kajian Pre-Fire Planning pada Tangki Timbun Bahan Bakar Minyak (BBM) Premium dengan Menggunakan Permodelan Pyrosim di Pertamina Plumpang*. Jakarta: UI.
- Perda DKI. (2008). *Pencegahan dan Penanggulangan Bahaya Kebakaran*. jakarta.
- Persson, H., & Lönnemark, A. (2004). *Tank Fires Review of fire incidents 1951–2003*. Swedia: SP Swedish National Testing and Research Institute.
- Pujawan, I. N. (1995). *Ekonomi Teknik*. Surabaya: Guna Widya.
- Raghunath, H. (1987). *Ground Water 2nd Edition*. New Delhi: New Age International Publisher.
- Situmeang, R. M. (2011). *Penentuan Kadar Pencampuran Minyak Tanah Dengan Solar Menggunakan Sensor Gas Semikonduktor(TGS Figaro)*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- THE VIKING CORPORATION. (2009). *Foam Sistem Technical Manual for Operation, Maintenance, and Troubleshooting*. Hastings MI: 210 N Industrial Park Drive.